

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-331480  
(P2002-331480A)

(43) 公開日 平成14年11月19日 (2002. 11. 19)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード\*(参考)

B 2 5 J 13/00

B 2 5 J 13/00

Z 3 C 0 0 7

審査請求 有 請求項の数20 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2001-138551(P2001-138551)

(22) 出願日 平成13年5月9日(2001. 5. 9)

(71) 出願人 390008235

ファナック株式会社

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番  
地

(72) 発明者 菅野 一郎

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番  
地 ファナック株式会社内

(74) 代理人 100082304

弁理士 竹本 松司 (外4名)

Fターム(参考) 3C007 ASD4 AS11 AS13 BS09 KS03

KS04 KT01 KT05 KV11 KX06

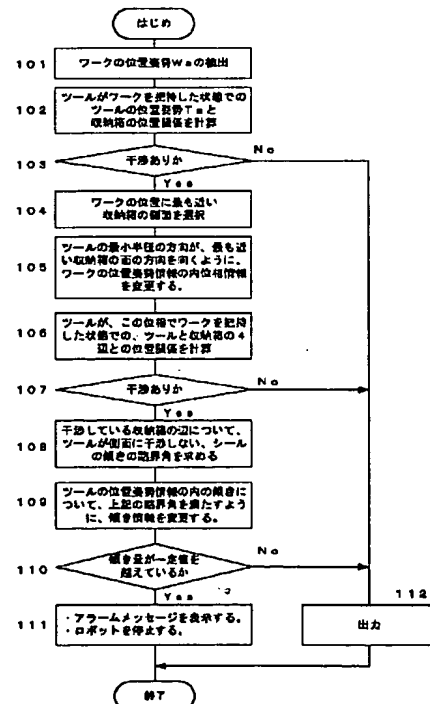
LT06 LT11 LV04 LV05 MS08

(54) 【発明の名称】 干渉回避装置

(57) 【要約】

【課題】 干渉を事前に判断し自動的に干渉を回避する。バラ積みされたワークの取り出し作業を自動化する。

【解決手段】 教示時のワークの位置姿勢、それを把持する時のツールの位置姿勢、ツール、収納箱の形状を記憶しておく。把持するワークの検出位置姿勢 $W_a$ と、記憶情報に基づいてツール位置姿勢 $T_a$ を求め、ツールと収納箱の干渉の有無を判断する(101~103)。干渉有りでは、ワークに近い収納箱の面にツールの最小半径の部10位が向くように位置姿勢を変え、干渉を判断する(104~107)。干渉がある場合はこの収納箱の面に対するツールの許容傾きの臨界角を求め、この臨界角でツールがワークを把持可能な一定傾き内なら干渉なしとする。干渉があれば、アラームをだしロボットを停止させる。干渉がないときは、そのときのツール位置姿勢を出力する。バラ積みワークをも自動的に取り出せる。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ロボット手先又は腕部に装着された装置と他の物体との干渉を回避する干渉回避装置であって、前記装置の形状に関する情報と、前記他の物体の形状に関する情報、及び該他の物体の位置姿勢情報を記憶する記憶手段と、該記憶手段に記憶された情報と指示された前記装置の位置姿勢に基づいて該装置と該他の物体との干渉の有無を判別する干渉判別手段と、該干渉判別手段により干渉ありと判別された場合、前記ロボットを停止させる手段、又は前記装置と前記他の物体との干渉を回避する新たな位置及び／又は姿勢を自動的に生成する位置姿勢生成手段とを備えたことを特徴とする干渉回避装置。

【請求項 2】 ロボット手先又は腕部に装着された装置と他の物体との干渉を回避する干渉回避装置であって、前記装置の形状に関する情報と、前記他の物体の形状に関する情報、及び該他の物体の位置姿勢情報を記憶する記憶手段と、ロボットの動作中に動作する方向において、該記憶手段に記憶された情報と指示された前記装置の位置姿勢に基づいて該装置と該他の物体との干渉の有無を判別する干渉判別手段と、該干渉判別手段により干渉ありと判別された場合、前記ロボットを停止させる手段、又は前記装置と前記他の物体との干渉を回避する新たな位置及び／又は姿勢を自動的に生成する位置姿勢生成手段とを備え、ロボットが該干渉を回避する動作をすることを特徴とする干渉回避装置。

【請求項 3】 ロボット及びロボット手先又は腕部に装着された装置と他の物体との干渉を回避する干渉回避装置であって、前記ロボット及び前記装置の形状に関する情報と、前記他の物体の形状に関する情報、及び該他の物体の位置姿勢情報を記憶する記憶手段と、該記憶手段に記憶された情報と指示された前記ロボット及び前記装置の位置姿勢に基づいて前記ロボット及び前記装置と前記他の物体との干渉の有無を判別する干渉判別手段と、該干渉判別手段により干渉ありと判別された場合、前記ロボットを停止させる手段、又は前記ロボット及び前記装置と前記他の物体との干渉を回避する新たな位置及び／又は姿勢を自動的に生成する位置姿勢生成手段とを備えたことを特徴とする干渉回避装置。

【請求項 4】 ロボット及びロボット手先又は腕部に装着された装置と他の物体との干渉を回避する干渉回避装置であって、前記ロボット及び前記装置の形状に関する情報と、前記他の物体の形状に関する情報、及び該他の物体の位置姿勢情報を記憶する記憶手段と、ロボットの動作中に動作する方向において、該記憶手段に記憶された情報と指示された前記ロボット及び前記装置の位置姿勢に基づいて前記ロボット及び前記装置と前記他の物体との干渉の有無を判別する干渉判別手段と、該干渉判別手段により干渉ありと判別された場合、前記ロボットを停止させる手段、又は前記ロボット及び前記装置と前記

2

他の物体との干渉を回避する新たな位置及び／又は姿勢を自動的に生成する位置姿勢生成手段とを備え、ロボットが該干渉を回避する動作をすることを特徴とする干渉回避装置。

【請求項 5】 前記干渉判別手段が干渉ありと判断したときは、前記自動生成した新たな位置及び／又は姿勢に従って、ロボットを連続して動作させる手段を備えた請求項 1 又は請求項 4 記載の干渉回避装置。

【請求項 6】 前記干渉回避装置が、ロボット制御装置、前記ロボットに接続された情報処理装置、又はロボット制御装置内に組み込まれた情報処理装置のいずれかであることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の内いずれか 1 項に記載の干渉回避装置。

【請求項 7】 前記干渉判別手段が干渉ありと判断したときは、前記位置姿勢生成手段で自動生成した新たな位置及び／又は姿勢に前記ロボットの動作プログラムを書き換えることを特徴とする請求項 1 乃至 6 の内いずれか 1 項に記載の干渉回避装置。

【請求項 8】 前記情報処理装置はロボットシミュレーション装置である請求項 6 記載の干渉回避装置。

【請求項 9】 前記位置姿勢生成手段が、予め用意された複数の位置又は姿勢から任意の位置又は姿勢を選択する手段であることを特徴とする請求項 1 乃至 8 の内いずれか 1 項に記載の干渉回避装置。

【請求項 10】 前記新たな位置又は姿勢における前記装置と前記他の物体との干渉の有無を判別する判別手段と、該判別手段により干渉ありと判別された場合にメッセージを表示する表示装置とを備えたことを特徴とする請求項 1 乃至 9 の内いずれか 1 項記載の干渉回避装置。

【請求項 11】 前記新たな位置又は姿勢における前記装置と前記他の物体との干渉の有無を判別する判別手段と、該判別手段により干渉ありと判別された場合に前記ロボットの動作を一時停止させる手段と、該一時停止を解除して前記ロボットの動作を再開する手段を備えたことを特徴とする請求項 1 乃至 10 の内いずれか 1 項記載の干渉回避装置。

【請求項 12】 前記新たな位置又は姿勢が、ロボットに装着されたセンサによる情報取得のための位置姿勢であることを特徴とする請求項 1 乃至 11 の内いずれか 1 項記載の干渉回避装置。

【請求項 13】 前記指示された前記装置の位置姿勢が、所望の動作を行うためのロボットに装着されたセンサにより取得された情報に基づいて求められる位置姿勢であることを特徴とする請求項 1 乃至 12 の内いずれか 1 項記載の干渉回避装置。

【請求項 14】 前記記憶手段に教示時のワークピースの位置姿勢情報、該教示時のワークピースを把持するツールの位置姿勢情報をも設定記憶しておき、前記センサでワークピースの位置姿勢を取得し、この取得したワークピースの位置姿勢、記憶する教示時のワークピースの

3

位置姿勢情報及び教示時のワークピースを把持するツールの位置姿勢情報に基づいて、前記装置の位置姿勢を求める請求項13記載の干渉回避装置。

【請求項15】 前記記憶手段にオフライン教示装置におけるCAD情報に基づいてワークピースの位置姿勢に対する該ワークピースを把持するツールの位置姿勢情報を記憶しておき、前記センサでワークピースの位置姿勢を取得し、前記ワークピースを把持するツールの位置姿勢情報に基づいて、前記装置の位置姿勢を求める請求項13記載の干渉回避装置。

【請求項16】 前記センサが2次元センサ又は3次元センサであることを特徴とする請求項11又は請求項13記載の干渉回避装置。

【請求項17】 前記所望の動作がワークピースを前記装置でピックアップする動作であり、前記他の物体が該ワークピースを収納する収納箱であることを特徴とする請求項13乃至16の内いずれか1項に記載の干渉回避装置。

【請求項18】 前記所望の動作がワークピースを前記装置でスポット溶接、アーク溶接、又はシーリングを行う動作であることを特徴とする請求項13乃至16の内いずれか1項に記載の干渉回避装置。

【請求項19】 前記ロボットが、床、壁、天井、又はその他の位置に固定された構造物に対し、直接又は間接的に固定されたロボットであることを特徴とする請求項13乃至16の内いずれか1項に記載の干渉回避装置。

【請求項20】 前記ロボットが、1軸又は2軸の動作軸上を動くように設置されたロボットであることを特徴とする請求項13乃至16の内いずれか1項に記載の干渉回避装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、産業用ロボットにおける他の物体との干渉回避技術に関する。

【0002】

【従来の技術】収納箱等にバラ積みされたワークピースをロボットを用いて取り出すピックアップ作業の場合、このバラ積みされたワークピースを把持等により確保できる位置姿勢に、ロボット及びハンド等のツール（エンドエフェクタ）の位置姿勢を制御する必要がある。バラ積みされたワークピースであるから、ワークピースの位置姿勢は任意でバラバラである。従って、ロボット及びツール（エンドエフェクタ）の位置姿勢もワークピースの位置姿勢に合わせて任意に変化することになる。その結果、ロボット及びツール（エンドエフェクタ）と他の物体、特にワークピースを収納した収納箱との干渉が生じることになる。

【0003】教示時にこの干渉が発見されれば、干渉しないように教示することによってこの干渉を防止することができるが、実際の稼働時にはどうなるかその保証は50

4

ない。そのため、ワークピースを毎回所定の位置姿勢に位置決めして配置する。又は、干渉が発生しないような完全な外部環境を用意するといった周辺環境の工夫が必要になってくる。

【0004】しかし、バラ積みされたワークピースのような場合、このワークピースをロボットで取り出す作業には、外部環境を整備することは、多大な労働と時間を必要とし、ロボットによる省力化、自動化作業の目的に反する。

【0005】又、ワークピースが位置決めされている場合では、教示者はオフラインプログラミング等を利用して干渉が生じないように教示することができるが、この干渉を回避するには、どのようなロボット等の姿勢をとらせればよいか等、教示に際してのオペレータへの負担を増加させる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】そこで、本発明は、上記従来技術の問題点を改善し、自動的に干渉を判別し干渉を回避するように、ロボットを駆動制御可能にする干渉回避装置を提供しようとするものである。これにより、バラ積みされたワークピースを取り出す際も、予め準備作業として取り出しのための環境を整備するというような特別な作業を必要とせず、オペレータへの負担を軽減させることができる干渉回避装置を提供するものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、請求項1に係わる発明は、ロボット手先又は腕部に装着された装置と他の物体との干渉を回避する干渉回避装置であって、前記装置の形状に関する情報と、前記他の物体の形状に関する情報、及び該他の物体の位置姿勢情報を記憶する記憶手段と、該記憶手段に記憶された情報と指示された前記装置の位置姿勢に基づいて該装置と該他の物体との干渉の有無を判別する干渉判別手段と、該干渉判別手段により干渉ありと判別された場合、前記ロボットを停止させる手段、又は前記装置と前記他の物体との干渉を回避する新たな位置及び／又は姿勢を自動的に生成する位置姿勢生成手段とを備えたものとした。

【0008】請求項2に係わる発明は、ロボット手先又は腕部に装着された装置と他の物体との干渉を回避する干渉回避装置であって、前記装置の形状に関する情報と、前記他の物体の形状に関する情報、及び該他の物体の位置姿勢情報を記憶する記憶手段と、ロボットの動作中に動作する方向において、該記憶手段に記憶された情報と指示された前記装置の位置姿勢に基づいて該装置と該他の物体との干渉の有無を判別する干渉判別手段と、該干渉判別手段により干渉ありと判別された場合、前記ロボットを停止させる手段、又は前記装置と前記他の物体との干渉を回避する新たな位置及び／又は姿勢を自動的に生成する位置姿勢生成手段とを備え、ロボットが該

5

干渉を回避する動作をするようにした。

【0009】請求項3に係わる発明は、ロボット及びロボット手先又は腕部に装着された装置と他の物体との干渉を回避する干渉回避装置であって、前記ロボット及び前記装置の形状に関する情報と、前記他の物体の形状に関する情報、及び該他の物体の位置姿勢情報を記憶する記憶手段と、該記憶手段に記憶された情報と指示された前記ロボット及び前記装置の位置姿勢に基づいて前記ロボット及び前記装置と前記他の物体との干渉の有無を判別する干渉判別手段と、該干渉判別手段により干渉ありと判別された場合、前記ロボットを停止させる手段、又は前記ロボット及び前記装置と前記他の物体との干渉を回避する新たな位置及び／又は姿勢を自動的に生成する位置姿勢生成手段とを備えるようにした。

【0010】請求項4に係わる発明は、ロボット及びロボット手先又は腕部に装着された装置と他の物体との干渉を回避する干渉回避装置であって、前記ロボット及び前記装置の形状に関する情報と、前記他の物体の形状に関する情報、及び該他の物体の位置姿勢情報を記憶する記憶手段と、ロボットの動作中に動作する方向において、該記憶手段に記憶された情報と指示された前記ロボット及び前記装置の位置姿勢に基づいて前記ロボット及び前記装置と前記他の物体との干渉の有無を判別する干渉判別手段と、該干渉判別手段により干渉ありと判別された場合、前記ロボットを停止させる手段、又は前記ロボット及び前記装置と前記他の物体との干渉を回避する新たな位置及び／又は姿勢を自動的に生成する位置姿勢生成手段とを備え、ロボットが該干渉を回避する動作をするようにした。

【0011】請求項5に係わる発明は、干渉判別手段が干渉ありと判断したときは、前記自動生成した新たな位置及び／又は姿勢に従って、ロボットを連続して動作させる手段を設けた。

【0012】請求項6に係わる発明は、前記干渉回避装置が、ロボット制御装置、前記ロボットに接続された情報処理装置、又はロボット制御装置内に組み込まれた情報処理装置のいずれかに限定したものである。

【0013】請求項7に係わる発明は、前記干渉判別手段が干渉ありと判断したときは、前記位置姿勢生成手段で自動生成した新たな位置及び／又は姿勢に前記ロボットの動作プログラムを書き換えるようにした。特に、請求項8に係わる発明は、前記情報処理装置をロボットシミュレーション装置とした。

【0014】請求項9に係わる発明は、前記位置姿勢生成手段を予め用意された複数の位置又は姿勢から任意の位置又は姿勢を選択する手段とした。又、請求項10に係わる発明は、更に、前記新たな位置又は姿勢における前記装置と前記他の物体との干渉の有無を判別する判別手段と、該判別手段により干渉ありと判別された場合にメッセージを表示する表示装置とを備えるようにした。

6

請求項11に係わる発明は、更に、前記新たな位置又は姿勢における前記装置と前記他の物体との干渉の有無を判別する判別手段と、該判別手段により干渉ありと判別された場合に前記ロボットの動作を一時停止させる手段と、該一時停止を解除して前記ロボットの動作を再開する手段を備えるようにした。

【0015】請求項12に係わる発明は、前記新たな位置又は姿勢が、ロボットに装着されたセンサによる情報取得のための位置姿勢とするものである。請求項13に係わる発明は、前記指示された位置姿勢が、所望の動作を行うためのロボットに装着されたセンサにより取得された情報に基づくものとした。そして、請求項14に係わる発明は、前記記憶手段に教示時のワークピースの位置姿勢情報、該教示時のワークピースを把持するツールの位置姿勢情報をも設定記憶しておき、前記センサでワークピースの位置姿勢を取得し、この取得したワークピースの位置姿勢、記憶する教示時のワークピースの位置姿勢情報及び教示時のワークピースを把持するツールの位置姿勢情報に基づいて、前記装置の位置姿勢を求めるようにした。

【0016】請求項15に係わる発明は、前記記憶手段にオフライン教示装置におけるCAD情報に基づいてワークピースの位置姿勢に対する該ワークピースを把持するツールの位置姿勢情報を記憶しておき、前記センサでワークピースの位置姿勢を取得し、前記ワークピースを把持するツールの位置姿勢情報に基づいて、前記装置の位置姿勢を求めるようにした。又、請求項16に係わる発明は、前記センサが2次元センサ又は3次元センサとした。そして、請求項17に係わる発明は、前記所望の動作がワークピースを前記装置でピッキングする動作であり、前記他の物体が該ワークピースを収納する収納箱とした。請求項18に係わる発明は、前記所望の動作がワークピースを前記装置でスポット溶接、アーク溶接、又はシーリングを行う動作とした。

【0017】さらに、請求項19に係わる発明は、前記ロボットが、床、壁、天井、又はその他の位置に固定された構造物に対し、直接又は間接的に固定されるものとした。又、請求項20に係わる発明は、前記ロボットを1軸又は2軸の動作軸上を動くように設置されたロボットとした。

【0018】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の干渉回避装置の一実施形態の概要図である。この実施形態では、ロボット制御装置6内に干渉回避のためのソフトウェアを設けることによって、干渉回避装置を構成している。

【0019】ロボット5の先端手首には、ワークピース10を取り出すためのツール3、ワークピース10を撮像するための2次元視覚センサとしてのカメラ2、ワークピースにレーザ光を投光するレーザ投光器1が取り付けられている。このカメラ2とレーザ投光器1によって

7

ワークピースの位置姿勢を検出する3次元視覚センサを構成する。この実施形態では、ワークピース10は収納箱4内に収納されている。この収納箱4には多量のワークピース10がバラ積みされているものであり、各々のワークピース10はその位置姿勢はバラバラの状態である。

【0020】ロボット5、レーザ投光器1、カメラ2、ツール3等は、従来から公知公用のものであり、その詳細は省略する。ロボット制御装置6も従来のロボット制御装置と同様に、プロセッサ、ROM、RAM、不揮発性RAM、表示装置付き入力手段、入出力インタフェース、カメラインタフェース、ロボット各関節軸のサーボモータ等を駆動制御するサーボ制御器等を備えるものである。入出力インタフェースには、レーザ投光器1及びツール3が接続され、カメラインタフェースにはカメラ2が接続されている。

【0021】そこで、ワークピースの取り出し作業は、ロボット制御装置6からの指令で、ロボット5を収納箱4内のワークピース10を撮像できる位置姿勢に移動させた後、レーザ投光器1とカメラを用いて、収納箱4内のワークピース10を撮像し、ワークピース10の位置姿勢を求め、このワークピース10の検出位置姿勢に合わせて、ロボット及びツールの位置姿勢を制御してワークピース10をツールで把持して収納箱から取り出すものである。この取り出し作業におけるツール姿勢の決定の仕方についてまず説明する。

【0022】教示時のワークピース10の位置姿勢を $W_n$ 、この教示時のワークピース10の位置姿勢に対して、このワークピース10を把持する際のツールの位置姿勢を $T_n$ とする。そして、レーザ投光器1及びカメラ2によって測定された任意のワークピース10の位置姿勢を $W_a$ とする。このカメラ2で撮像したこの任意のワークピース10を把持するときのツールの位置姿勢 $T_a$ は、次の1式によって求められる。

【0023】

$$T_a = W_a * \text{Inv}(W_n) * T_n \cdots (1)$$

ただし、 $\text{Inv}(W_n)$ は、 $W_n$ の逆行列である。

【0024】そこで、ツール3の形状情報及び収納箱4の形状情報と位置姿勢情報、更に、教示時のワークピース10の位置姿勢を $W_n$ 、ツールの位置姿勢を $T_n$ をロボット制御装置6のメモリに設定記憶させておき、上記1式で求められたツールの位置姿勢 $T_a$ のツール形状情報と、収納箱4の形状情報と位置姿勢情報に基づいて、ツール3と収納箱4が干渉するかどうかを判断することができる。

【0025】干渉すると判断された場合には、ツール3の位置姿勢として許容される自由度の範囲内で新たなツールの位置姿勢を求め干渉を回避してワークピースを取り出すようにする。

【0026】ツール3の位置姿勢として許容される自由

8

度は、ワークピースの形状、ツールで把持する位置や範囲によって変わる。図2～図5は、この実施形態におけるワークピース10を把持するときの自由度の説明図である。この例では、ワークピース10には中心部に穴10aがあり、この穴10aにツール3の爪3aを挿入し、爪3aを拡げることによりツール3でワークピース10を把持し取り出すものである。この場合、爪を穴10aに挿入する位相（穴中心軸回りのツールの回転）は任意であって、どの回転位置でも把持可能である。このことは、爪10aの長手方向（挿入方向）の軸回りは、全自由度があるということになる。又、この穴10aにツール10の爪10aが挿入でき、かつ把持できる挿入角度にある程度の自由度がある。即ち、穴10aの中心軸線に対して爪10aがワークピースを把持できる爪10aの挿入方向に許容度があれば、それが自由度となる。

【0027】このように、上述したワークピース10の場合は、穴10aの中心軸回りのツールの回転と、穴10aの中心軸に対する傾きについて自由度があることになるが、形状の異なるワークピースであれば、そのワークピース形状に応じて自由度は異なることになる。例えば、ワークピースが円柱状である場合で、このワークピースを外側から開閉する2つの爪を有するツールで把持するような場合には、このツールによる把持位置は、円柱の中心軸線方向に平行移動した位置でもよいことになる。よってこのようなワークピースとツールの場合、ワークピース円柱の中心軸線方向の所定の幅が範囲で把持位置の自由度があることになる。

【0028】再び、図2～図5に示す例に戻ると、図2で示す状態では、ツール3は収納箱4とは干渉していない。一方、ワークピース10が図3に示すように収納箱4の隅の方にあり（なお図3は、収納箱4を上方から見た平面図を示しており、図2は収納箱4の側方から見た図を示している。）、このワークピース10の穴10aにツール3の爪3aを挿入しようとするとき、図4

(a)に示すようにツール3の一部が収納箱4と干渉する場合がある。このように干渉ありと判断された場合、この干渉は、そのときのツールの位置、即ち、取り出そうとするワークピース10の位置に一番近い収納箱4の部材（側壁）と干渉していることが想定されるので、この一番近い側壁を求める。この図2～図5に示す例では、側壁4aが一番近い側壁である。

【0029】こうして求めた側壁4aに対して、ツール4の回転中心3cから最小半径の位置にあるツール4の外形位置がこの干渉する側壁4aに向くように位相を変える（穴10aの中心軸回りに回転させる）。これにより、図4(a)の状態で干渉していたツール3と収納箱4は、図4(b)のように、干渉を回避することができる。

【0030】一方、図5で破線で示すような干渉が発生

9

している場合には、ツール3の位相を変えても、この干渉は回避できない。このような場合、もう1つの自由度であるツール爪軸方向の傾きを調整する。この場合、ワークピース10の位置と収納箱4の干渉する側壁情報とワークピース10の位置情報に基づいて、ツールの臨界角 $\theta$ を求める。そしてこの臨界角 $\theta$ を満たすようにツールを傾けたとき、その傾き量は、この傾き自由度の許容範囲内にあるか判断し、許容範囲にあれば、図5で実線に示すように、ツール3をその傾き量にしてワークピース10を取り出す。

10

【0031】以上が、この実施形態における干渉回避方法の第1の態様である。そこで、この干渉回避方法を適用して、収納箱4内にバラ積みで収納されたワークピース10を取り出すロボットの動作処理について、図6のフローチャートと共に説明する。

【0032】まず、ロボット制御装置6の記憶手段にツール3の形状、収納箱4の形状、その位置姿勢の各情報を設定する。更に、教示時のワークピース10の位置姿勢 $W_n$ （位置姿勢を表す行列）、教示時のワークピース10を把持する際のツール3の位置姿勢 $T_n$ （位置姿勢を表す行列）をも設定しておく。例えば、オフライン教示装置におけるCAD情報に基づいてワークピースの位置姿勢 $W_n$ 及びこの位置姿勢 $W_n$ に対するツール3の位置姿勢 $T_n$ の情報を設定する。

【0033】ロボットを駆動して、収納箱4のワークピース10を撮像可能な位置に移動させ、レーザ投光器1とカメラ2によってワークピース10の位置姿勢 $W_a$ を取得する（ステップ101）。この取得した位置姿勢 $W_a$ と、設定記憶されている教示時のワークピース10の位置姿勢 $W_n$ 、ツール3の位置姿勢 $T_n$ によって、上記301式の演算を行ってツールの位置姿勢 $T_a$ を求める。この求めた位置姿勢 $T_a$ 、ツール形状の情報、収納箱4の形状情報、収納箱4の位置姿勢情報に基づいて、ツール3と収納箱4間の位置関係を計算し、干渉が発生しているか否か判断する（ステップ102、103）。

【0034】干渉がなければ、求めたツール3の位置姿勢 $T_a$ を出力し（ステップ112）この干渉回避処理は終了する。一方干渉があると判断された場合には、この把持しようとするワークピース10に一番近い収納箱4の側面を選択する（ステップ104）。図3のような状態では、ワークピース10に一番近い側壁4aの面が選択される。

【0035】次にツール3の爪3aの長手方向の軸線（挿入方向の軸線）回りの回転中心から最小半径の部位がこの選択された側面（4a）に向くように位相を変え、そのツール位置姿勢を求める（ステップ105）。この求めたツール位置姿勢とツール形状の情報、収納箱の形状情報、収納箱の位置姿勢情報に基づいてと、ツールと収納箱の位置関係を求め干渉が発生しているか否か判断する（ステップ106、107）。干渉が発生して

10

いなければ、このステップ105で求めたツール位置姿勢を出力する（ステップ112）。

【0036】一方、位相を変えても干渉が生じるような場合には、この干渉が生じている収納箱4の辺に対してツール3が干渉しないツールの傾きの臨界角 $\theta$ を求め（ステップ108）、ツール位置姿勢情報の内、傾き角がこの臨界角 $\theta$ を満たすようにツール位置姿勢の情報を変更する（ステップ108、109）。そして、この傾き角が、予め設定されているワークピース10の穴10aの中心軸に対する許容傾き角内に入っているか判断し（ステップ110）、入っていれば、ステップ109で求めたツール位置姿勢情報を出力する。

【0037】一方傾き角が設定許容範囲内でない場合は、この状態では、干渉を回避できないとしてアラームメッセージをロボット制御装置6内の表示器に表示する。又、ロボットの動作も一時停止させる。

【0038】アラームメッセージが表示されてロボットの動作が停止したときは、その時の状態では、干渉を回避できないことを意味する。例えば、ワークピースWが収納箱のすみに位置し、ロボットが干渉を避けてこのワークピースWを把持できないときなどである。この場合、ワークピースを手動で移動させてロボット制御装置6に設けられている教示操作盤の再開スイッチ等から再開指令を入力すれば、ロボット制御装置6はステップ101からの処理を再開する。

【0039】以上が、本実施形態の干渉回避動作である。上述した例では、ツール3と収納箱4との干渉のみを判断するようにしたが、収納箱4以外に、このロボットによるワークピース取り出し動作において、周囲にツールと干渉するような物体が配置されるような場合には、この物体の形状、位置姿勢情報をもロボット制御装置6のメモリに記憶させておき、この物体とツール3の干渉も、上述したツール3と収納箱4との干渉判断処理と同様な処理を行うことによって、干渉を検出しその干渉を回避するようにすればよい。

【0040】又、上述した実施の態様では、収納箱4さらには周辺の他の物体とツール3との干渉の検知及び回避動作であったが、ロボット自体と収納箱や他の周辺物体との干渉も発生する恐れがある場合には、ロボットとこれら収納箱や他の物体との干渉判断及び回避をも行うようにする。この場合は、ロボットの形状をもロボット制御装置6に設定記憶させておき、ツール3がワークピース10を取り出すために把持する際に、そのときのロボット位置姿勢と記憶したロボットの形状情報に基づいて、ロボットと収納箱4との干渉を判断するようにすればよい。

【0041】また、上記実施の態様では、干渉が生じると判断されたときは、ツールの位相、傾斜角を自動的に変更して干渉を回避するようにしたが、この干渉が生じると判断されたとき、新たにツールの位置姿勢を教示し

11

直すようにしてもよい。このような第2の実施の態様の動作処理フローを図7に示す。

【0042】まず、ワークピースを撮像して該ワークピースの位置姿勢を求め(ステップ201)、求めたワークピースの位置姿勢からツールの位置姿勢を求めツールと収納箱の位置関係を求め干渉が生じるか否かを判断する点(ステップ202、203)までは、第1の実施形態におけるステップ101~103までの処理と同一である。又干渉が生じないような場合には、そのときのツール位置姿勢情報を出力する点も(ステップ207)、10第1実施形態のステップ112と同じである。

【0043】一方、干渉が生じると判断された場合には、オペレータはツール位置姿勢情報を直接入力するか、又は、タッチアップで新たなツール位置姿勢を再教示する(ステップ204)。そして、この新たに入力されたツール位置姿勢、ツール形状情報、収納箱の形状情報、収納箱の位置姿勢情報に基づいて干渉が生じるか否かを判断し(ステップ105)、干渉が生じなければ、この新たに教示したツール位置姿勢情報を出力する。又、干渉が生じるような場合には、アラームメッセージを表20示させ、ロボット動作を停止する(ステップ106)。

【0044】なお、ステップ204で教示したツール位置姿勢で、干渉を避けることができたときには、この再教示された姿勢を記憶しておき、以後、同様な干渉の発生が判断されたとき、この再教示の姿勢を自動的に使用するようにしてもよい。又、この第2の実施の態様においても、収納箱以外の他の物体とツールの干渉をも判断しこの干渉をも避けるようにしてもよい。さらには、ロボット自体と収納箱や他の物体との干渉をも検出し回避するようにする点も第1の実施形態と同様である。 30

【0045】図8は、本発明の第3の実施の態様における干渉判断及び回避動作所のフローチャートである。この第3の実施の態様は、干渉有りと判別されたとき、予め設定された複数のツール姿勢に変更してこの変更したツール位置姿勢で干渉が生じるかを判別するようにしたものである。そのため、予め複数のツール姿勢を設定しておくものである。例えば、ツールの把持部が真下に向かう姿勢、収納箱の中心方向に所定角度(例えば20度)傾いた複数の姿勢等を予め設定記憶させておく、そこで、ワークピースの位置姿勢をカメラ2等で取得し、40このワークピースを把持するツール位置姿勢Taを求め、この位置姿勢のツール3と収納箱4との位置関係を求め干渉するか否かの判断処理(ステップ301~303)は、第1の実施の態様で述べたステップ101~103と同様である。又、干渉が生じなければ、そのツール位置姿勢情報を出力する点も(ステップ308)、第1の実施の態様のステップ112と同じである。

【0046】相違する点は、干渉が生じると判断されたとき、予め記憶されているツール姿勢1つを選択し(ステップ304)、その選択されたツール位置姿勢によ 50

12

て収納箱と干渉が生じるか否かを判断する(ステップ305)。干渉が生じるようであれば、次に記憶するツール姿勢によって干渉が生じるか否かを判断する。以下、設定記憶するツール姿勢で干渉が生じるか否かを判断する(ステップ304~306)。そして干渉が生じないものがあれば、そのときのツール位置姿勢を出力する(ステップ308)。設定記憶した全てのツール姿勢について干渉が発生するか否かを判断し、干渉が生じないケースがない場合には、アラームメッセージをロボット制御装置6の表示装置に表示し、ロボット動作を停止させる(ステップ307)。

【0047】以上がこの第3の実施の態様の動作処理である。この第3の実施の態様においても、収納箱以外の他の物体とツールの干渉、さらにはロボット本体と収納箱や他の物体との干渉の有無を判断する点においても、第1の実施の態様と同様な方法で行うことができるものである。

【0048】又、上述した実施形態では、本発明の干渉回避装置をロボット制御装置内に組み込んだ例を示したが、該干渉回避装置をロボットに接続されるパソコン等の情報処理装置内に、又は、ロボット制御装置内に組み込まれた情報処理装置内に組み込んでよい。特に、ロボット動作のオフラインティーチングで使用されるロボットのシミュレーション装置に組み込むとよい。これらの場合、このシミュレーション装置等の情報処理装置内に、ロボット、ツール、収納箱等の他の物体の形状情報、教示時のワークピース位置姿勢、教示時のワークピースを把持する時のツールの位置姿勢、上述した各種回避の方法等を設定記憶させておく必要がある。そして、シミュレーション装置等の情報処理装置が上述した図6、図7、図8の干渉判断及び干渉回避処理を開始し、干渉がないと判断されたときには、ステップ112、207、308のロボットへの出力の代わりに、そのときのツール位置姿勢等にロボット動作プログラムを書き換えるようにすればよい。

【0049】又、上述した実施形態では、ワークピースをツールで把持する例について述べたが、本発明の干渉回避装置は、このような動作以外にアーク溶接、スポット溶接、シーリング等の動作をロボットに行わせるときのロボットやツールと他の物体との干渉を回避する場合にも適用できるものである。

【0050】又、ロボットの配設位置はどのような場所でもよい。ロボットを床、壁、天井、又はその他の位置に固定された構造物に対し、直接又は間接的に固定すればよい。さらには、1軸又は2軸の動作軸上を動くようにロボットを設置してもよい。例えば、X軸方向、該X軸方向に直交するY軸方向に敷設されたレール上ロボットが移動するようにしてもよい。この場合、ロボット制御装置は、ロボット自体が移動する上記X軸、Y軸をロボットの付加軸としてその動作を駆動制御するようにし

13

てもよい。又は他の制御装置によって、このロボット自体の上記X軸、Y軸方向の移動を制御してもよい。このようにロボット自体を移動できるようにすることによって、干渉が生じないような最適な位置にロボットを配置することができる。

【0051】さらに、本発明は、ワークピースの位置姿勢を2回以上視覚センサで計測するような作業にも適用できるものである。視覚センサの場合、視覚センサが測定できる範囲が、位置／姿勢の許容自由度となる。例えば、カメラを用いた視覚センサでは、1回目の計測結果10により、2回目のセンサ計測位置、姿勢を決める場合、2回目の計測位置・姿勢は、1回目のカメラの位置での計測対象物を観測したカメラの視線に、2回目のカメラの光軸を一致させれば、1回目のカメラ視線回りには任意であっても、対象物をカメラの視野内に捉えて計測することが可能となる。この1段目のカメラ視線回りが許容される自由度となる。

【0052】更に、上記実施形態では、視覚センサとして、カメラ2とレーザ発光器1の組合せで、カメラから対象物（ワークピース）までの距離をも測定する三次元20視覚センサを用いた例を示したが、対象物（ワークピース）が所定位置の距離に載置されていて、対象物（ワークピース）までの距離が既知で姿勢が異なるような場合では、カメラのみ等の二次元視覚センサを用いてもよいものである。

【0053】

【発明の効果】本発明は、ロボット先端に取り付けた装置（ツール）さらにはロボット自体とワークピース収納箱等の他の物体と干渉するか否かを自動的に判別でき、

14

干渉が発生するようなときは、事前にその干渉を回避できるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態の概要図である。

【図2】同実施形態におけるワークピース取り出し動作の一例の説明図である。

【図3】同ワークピース取り出し動作の一例のワークピースと収納箱との関係の説明図である。

【図4】同一例における位相の変更による干渉回避の説明図である。

【図5】同一例における傾きの変更による干渉回避の説明図である。

【図6】同実施形態における第1の態様の動作処理フローチャートである。

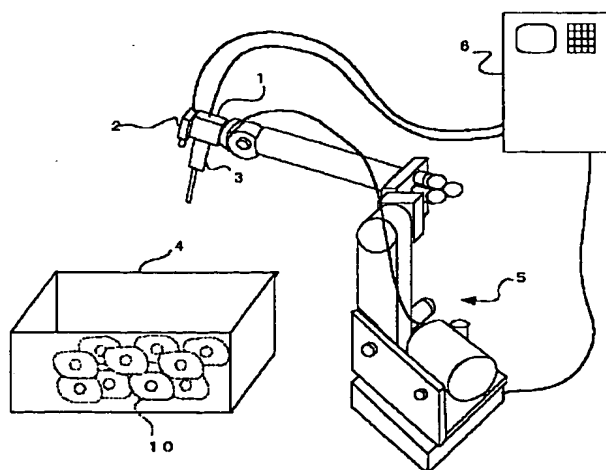
【図7】同実施形態における第2の態様の動作処理フローチャートである。

【図8】同実施形態における第3の態様の動作処理フローチャートである。

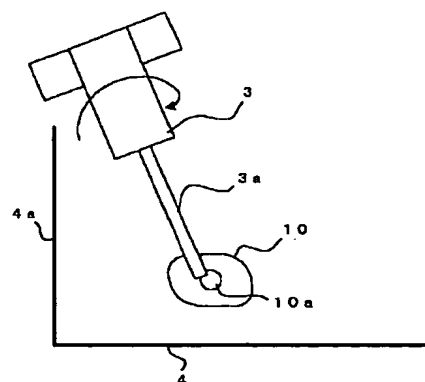
【符号の説明】

- 1 レーザ発光器
- 2 カメラ
- 3 ツール
- 3 a 爪
- 4 収納箱
- 4 a、4 b、4 c、4 d 収納箱の側壁
- 5 ロボット
- 6 ロボット制御装置
- 10 ワークピース
- 10 a 穴

【図1】

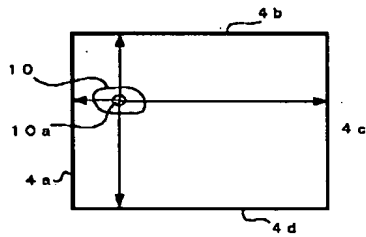


【図2】

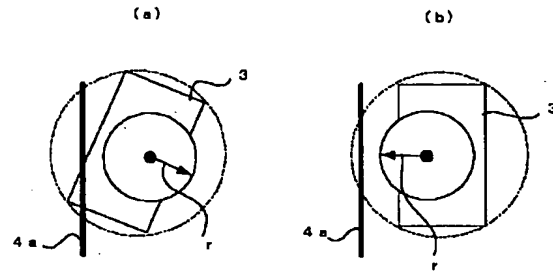




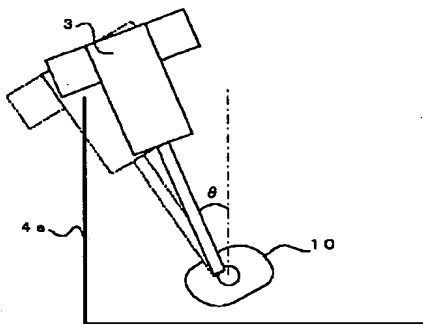
【図3】



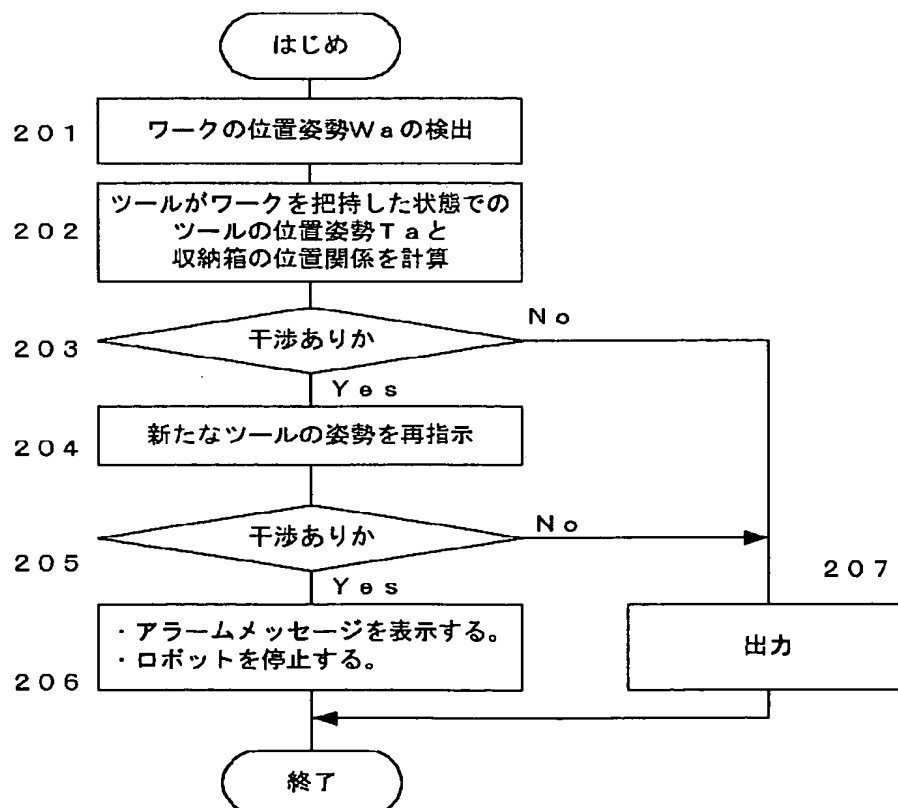
【図4】



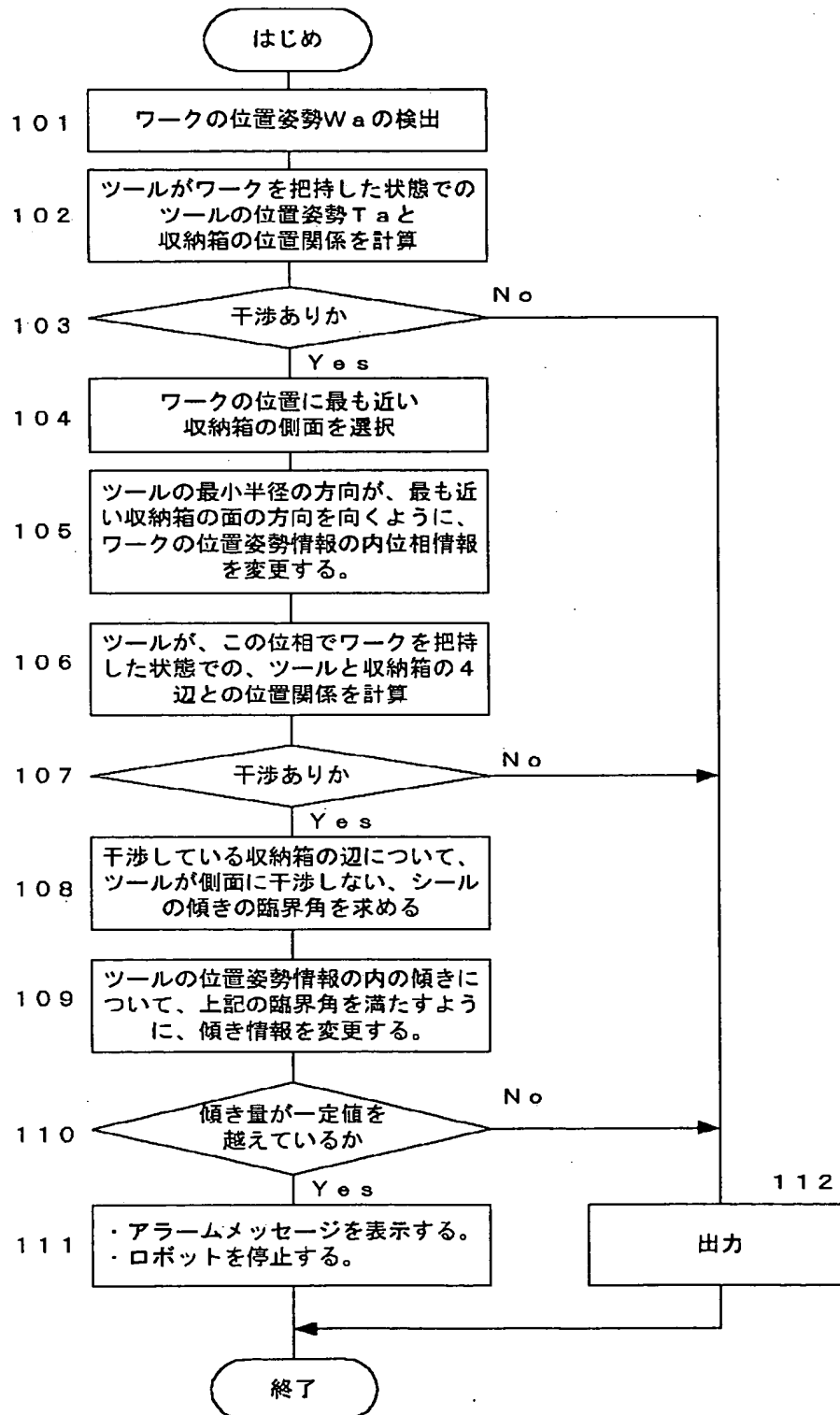
【図5】



【図7】



【図 6】



【図8】

